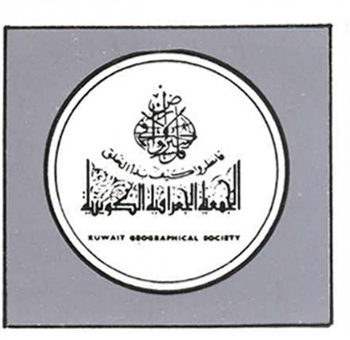




نشرة دورية تعنى بالبحوث الجغرافية
يصدرها قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية

الطاقة والمناخ

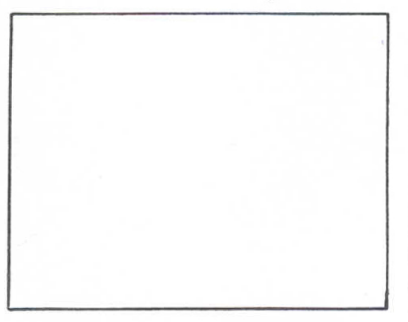
بقلم : د. روجر ريفل
د. دونالد شابيرو

ترجمة : د. زين الدين عبد المقصود
أستاذ الجغرافيا المساعد
بجامعة الكويت



ديسمبر - كانون أول ١٩٧٩م
محرم ١٤٠٠هـ







نشرة دورية تعنى بالبحوث الجغرافية
يصدرها قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية

الطاقة والمناخ

بقلم : د. روجر ريفل
د. دونالد شابيرو

ترجمة : د. زين الدين عبد المقصود
أستاذ الجغرافيا المساعد
بجامعة الكويت

١٢

ديسمبر - كانون أول ١٩٧٩م
محرم ١٤٠٠هـ

المراسلات

قسم الجغرافية ـ كلية الاداب ـ جامعة الكويت

الجمعية الجغرافية الكويتية ـ ص ب ١٧٠٥١ ـ الخالدية ـ الكويت

المحتوى



تقـديم وتعليق للمترجم

لا شك ان قضية التلوث اصبحت من القضايا المعاصرة الملحة التي بدات تنوء بكلكلها على الاسرة البشرية محدثة اثارا خطيرة باتت تهدد مقومات الحياة على سطح الارض .

واذا كان للتلوث اخطار ملموسة على المدى القريب ، فان ما هـو اشد خطرا تلك الاخطار التي لا نحسها الا على المدى البعيد .

وهذا البحث (الطاقة والمناخ Energy and Climate والذي اقدم ترجمته من خلال الصفحات التالية نشر في مجلة صيانـــة البيئة Environmental Conservation التي تصدر في سويسرا مرة كل ثلاثة شـــــهور .

وقد نشر هـذا البحـــث في العـــدد Vol. 5, No. 2, Summer, 1978. ويعتبر هذا البحث من البحوث المتقدمة والطموحة التي تحاول ان تعطي لنا رؤية مستقبلية عن التغيرات المتوقعة في مناخ العالم وما يصاحبهـا من اخطار نتيجة الاستمرار في الاعتماد على مصادر الوقود الحفري كمصدر رئيسي للطاقة .

ويعتبر هذا البحث تلخيصا لنتائج تقرير (الطاقة والمناخ) الذي اعدته هيئة دراسة الجيوفيزياء للاكاديمية القومية للعلوم في الولايات المتحدة الامريكية .

ومما يعطى لهذا البحث اهمية خاصة انه يأتي في وقت يبدو فيه العالم قلقا على مستقبل الوقود الحفري الذي يخشى من سرعة نفاده . اذ يصبح هذا البحث ، بما يضعه امامنا من تصورات للمخاطر المتوقعة نتيجة الاستمرار في الاعتماد على الوقود الحفري كمصدر رئيسي للطاقة ، بمثابة انذار مبكر ينبه العالم الى خطورة هذا الاعتماد . وهو في نفس الوقت دعوة مفتوحة لكل المهتمين بحماية البيئة ليتفهموا ابعاد هـذه

المشكلة الخطيرة ، ليبداوا فورا البحث الجدي والمكثف لسرعة تطوير مصادر الوقود المتجددة والنظيفة لتحل محل الوقود الحفري صانع التلوث ، وكذلك التعجيل بالاجراءات الاخرى التي تقلل من تزايد تمركز ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي ، صيانة للبيئة وحماية للاجيال القادمة من خطر الموت والدمار .

واذا كان هذا البحث في مناقشته لقضية « الطاقة والمناخ » يركز على خطورة اثر تزايد كمية ثاني اكسيد الكربون في رفع متوسطات درجات الحرارة في العالم ، وما يصاحب ذلك من اخطار تمس الزراعة والغطاءات الجليدية ومناسيب مياه البحر ، فإن هناك ابحاثا اخرى تعالج نفس القضية ولكنها تنتهي الى نتائج مغايرة . اذ ترى هذه الابحاث الاخرى ان تزايد نسبة ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي ستؤدي الى خفض واضح في متوسطات درجات الحرارة وليس رفعها . وهنا نشير ان الدراسات التي قام بها مجموعة من الفيزيائيين البريطانيين قد اوضحت ان كمية غاز ثاني اكسيد الكربون في الوقت الحاضر قد تزايدت في الغلاف الجوي حتى بلغت ما يعادل خمسة مليارات من الاطنان . ويؤكد هذا التركز وجود طبقة الضباب الازرق التي يشاهدها الطيارون على ارتفاع يتراوح بين ٦٠٠٠ – ٧٠٠٠ متر فوق سطح البحر . وتقلل هذه الطبقة الضبابية بطبيعة الحال من وصول اشعة الشمس بكامل طاقتها الى سطح الارض ، وبالتالي تقلل من كمية الحرارة التي تستقبلها الارض .

وقد دلت ابحاث الفضاء ان الضاب الذي يتكون حاليا (١٩٧٧) فوق منطقة الاطلسي قد تزايد بنسبة ١٠٪ عما كان عليه الحال منذ عشرين سنة مضت . وقد يؤدي استمرار عملية التجمع الى تكوين طبقة من الغيوم الكثيفة وخاصة فوق كل من اوربا وامريكا الشمالية بما يؤدي الى حجب معظم اشعة الشمس .

ومن هذا المنطلق يرى الفيزيائيون البريطانيون ان درجة الحرارة ستشهد انخفاضا ملحوظا في السنوات القادمة ، بل يرون ان ارهاصات هذا الانخفاض بدات تشهدها بعض المناطق بشكل واضح . ويذكرون على سبيل المثال تراكم كميات كبيرة من كتل الجليد في شمال الاطلنطي والتي

حالت مؤخرا دون الصيد واستخدام الموانىء الشمالية من ايسلند منذ عام ١٩٦٥ واستفحل الامر عامي ٦٨ ، ١٩٦٩ . وبطبيعة الحال سيترتب على استمرار الانخفاض في درجة الحرارة الى حدوث تغيرات مناخيـــة خطيرة ستمس بدورها مقومات الحياة في معظم مناطق العالم وخاصــة في العروض العليا والوسطى مما يهدد حياة البشرية في هذه المناطق .

وعلى اية حال مهما كانت النتائج المترتبة على تزايد نسبة ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي مؤدية الى رفع درجة الحرارة او خفضها ، فان الاثار في كلا الحالتين ستكون خطيرة جدا على مستقبل البشرية عـــلى سطح الارض . ومن هنا تصبح الدعوة الى تقليل الاعتمـاد على الوقـود الحفري ، والبحث الجدي والمكثف لتطوير مصادر الطـــاقة المتجـددة والنظيفة ضرورة حتمية تفرضها الحاجة لصيانة البيئة من خطر التدهـــور لتظل مصدر عطاء متجدد لكل الكائنات الحيـــة .

وهنا احب ان اشير ان البحث عن بدائل للنفط لن تقلل من قيمته ، بل على العكس ستزيد من قيمته حيث سيستخدم بالدرجة الاولى كمصدر للعديد من المشتقات التي تدخل كمادة خام للعديد من الصناعات ، وفوق هذا فان تخفيف الضغط على النفط نتيجة لاستخدام هذه البدائل سيطيل امد النفط في تحمل عبء التنمية الاقتصادية والاجتماعية للدول النفطية .

ومن هذا المنطلق فانني أرى أن مساهمة الدول النفطية في تبني برنامج كامل لتطوير مصادر الطاقة البديلة وخاصة الطاقة الشمسية سيعجل بوضع هذه الطاقة البديلة موضع التنفيذ بما يحقق للدول النفطية العديد من الفوائد .

د. زين الدين عبد المقصود

بسم الله الرحمن الرحيم

الطاقة والمناخ

بقلم

د. روجر. ريفل

د. دونالدث . شابيرو

ترجمة

د. زين الدين عبد المقصود

مقدمة

على مدى العقود القليلة القادمة ، ربما تجد الحضارة الصناعية الواسعة الانتشار في العالم نفسها مضطرة لتقرر ما اذا كانت ستظل تعتمد على انواع الوقود الحفري المختلفة كمصادر رئيسية للطاقة ، ام انها ستستخدم البحث العلمي والجهد الهندسي ورأس المال للكشف عن مصادر طاقة بديلة يمكن ان تحل محل الوقود الحفري خلال الخمسين سنة القادمة . واذا كان الحصول على المصادر البديلة تعترضه الكثير من الصعوبات ، الا ان النتائج المناخية التي يمكن ان تترتب على الاستمرار في

* استاذ العلوم والسياسة العامة جامعة كاليفورنيا ، سان ديجولا جوللا ، واستاذ السياسة السكانية بمعهد ريتشارد سالتونستالي سابقا ، ومديرا لمركز الدراسات السكانية بجامعة هارفارد سابقا .

** عضو هيئة دراسة الجيوفيزياء ومجلس ابحاث الجيوفيزياء ، ومجلس البحوث القومي بالولايات المتحدة الامريكية .

استخدام الوقود الحفري لمدة قرن او قرنين اخرين ستكون قاسية بدرجة لا تترك امام الانسان مجالا للاختيار .

وبما ان مثل هذا القرار لن تظهر نتائجه الا بعد حوالي ٥٠ سنة ، فانه لن يجد كثيرا من الاهتمام على المستوى الاجتماعي والسياسي في الوقت الحاضر . ومع ذلك فان ما يعطي لمثل هذا القرار اهميته ، ان الاسس العلمية والتكنولوجية اللازمة لتنفيذه ستحتاج الى عشرات من السنين ، والى مجهودات لم يسبق لها نظير . هذا وليست هناك مصادر طاقة من المصادر البديلة للوقود الحفري مرضية في الوقت الحاضر للاستخدام العالمي ، ومن ثم فان الاتجاه الى مصادر اخرى يتطلب عقودا عديدة . كما ان التوصل الى طرق يمكن استخدامها للحصول على تقديرات موثوق بها للتغيرات المناخية التي تنجم عن الاستمرار في استخدام الوقود الحفري تحتاج الى عشرات من السنين على الاقل .

وتدور التساؤلات المناخية (التي يناقشها هذا المقال) حول الزيادة في كمية غاز ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي كنتيجة للاستمرار والتوسع في استخدام الوقود الحفري كمصدر رئيسي للطاقة . ويحدد المقال اربعة اسئلة حاسمة في هذا المجال هي :

١ ــ ما الاحتمالات المتوقعة لمستقبل درجة تركز ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي على ضوء معدلات احتراق الوقود الحفري ؟

٢ ــ ما التغيرات المناخية المتوقعة نتيجة زيادة نسبة ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي ؟

٣ ــ ما النتائج المتوقعة لمثل هذه التغيرات المناخية على المجتمعات البشرية والبيئية الطبيعية ؟

٤ ــ ما الجهود البشرية المضادة ، اذا ما كانت هناك ثمة جهود ، يمكن ان تقلل من التغيرات المناخية ، او تخفف من نتائجها ؟

طبيعة المشكلة

تمكنت الهيئة الاستشارية للطاقة والمناخ في بداية عملها من تحديد ثلاثة منتجات ثانوية تتولد عن انتاج الطاقة واستهلاكها ـ الحرارة والمواد الدقائقية والغازات ـ ذات قدرة على احداث تعديل غير متعمد في مناخ العالم . ومن المعروف منذ فترة من الوقت ان المدن تخلق مناخها المحلي المميز لها . وقد تصورت هيئة المستشارين في البداية ، ان زيادة التحضر وبناء المجمعات الكبيرة لتوليد الطاقة وما شابه ذلك ، ربما تؤدي من خلال مخرجاتها من حرارة وجسميات دقيقة الى حدوث اضطرابات في نظام المطر او تؤثر في ظاهرات ميترولوجية اخرى على المستوى العالمي . وعلى اية حال اظهرت دراستنا ان اي احتراق ينتج عنه ثاني اكسيد الكربون سيكون له امكانية كبيرة واضحة على احداث اضطراب في مناخ العالم خلال القرون القليلة القادمة .

واذا كان ثاني اكسيد الكربون يتمتع بشفافية خاصة للموجات القصيرة من الاشعاع الشمسي (الضوء) فانه يفقد هذه الخاصية بالنسبة للموجات الطويلة (الحرارة) حيث يمتصها بكثرة في الوقت الذي تكون فيه غازات الغلاف الجوي الاخرى ذات شفافية لهذه الموجات الطويلة .

ومن هنا يعوق تواجد ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي الاشعاع الحراري المنبعث من سطح الارض من الانطلاق والتشتت نحو الفضا الخارجي ومن هذا المنطلق تؤدي زيادة كمية ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي الى الاخلال بالتوازن بين الاشعاع الشمسي الداخل والاشعاع الحراري الارضي المنطلق نحو الفضاء الخارجي ، مما يؤدي الى زيادة واضحة في درجة حرارة الطبقات الدنيا من الغلاف الجوي .

وتعرف هذه الظاهرة علميا باسم « اثر البيوت الزجاجية » نظرا للتشابه بين دور كل من ثاني اكسيد الكربون والزجاج في البيوت الزجاجية في احتجاز حرارة الشمس وخاصة من خلال منع انتقالها بالحمل .

كما اننا نستطيع ان نقول ضمنا ان نتائج خطيرة ربما تبرز ايضا نتيجة لزيادة حمولة الجسيمات في الغلاف الجوي ، او نتيجة لتكوين مواقع ذات حرارة عالية نتيجة للتوزيع غير السوي في الاستخدام البشري للطاقة. ورغم التكلفة العالية فمن الواضح انه من الممكن ضبط مستوى الجسيمات التي يطلقها النشاط البشري في الغلاف الجوي ، خاصة وان هناك من الاسباب الاخرى ما يدعونا لذلك غير التأثيرات المناخية المتوقعة .

واذا كانت النماذج المناخية المتاحة حاليا لا تزال غير قادرة على التنبؤ بدرجة وثوق كبيرة بأي تغيرات مناخية متوقعة على نطاق واسع نتيجة للتوزيع الجغرافي غير العادل للحرارة التي تنطلق نحو الغلاف الجوي من خلال استخدامات الانسان للطاقة . الا ان تطوير فهمنا للمناخ ، وهو الامر المطلوب للاجابة على التساؤلات الخاصة بتأثير ثاني اكسيد الكربون، يجعل في الامكان ان نعطي تقديرات مفيدة عن الاثار المناخية المتوقعة لاطلاق الحرارة غير السوى على سطح الارض . فحتى اذا ما وصل سكان العالم في المستقبل نحو عشرة بلايين نسمة ، ومع تزايد استخدام الفرد للطاقة بمعدل يبلغ عدة اضعاف معدل الاستخدام في الوقت الحاضر فان هذا كله سيطلق كمية من الحرارة تعادل فقط ١٠.ر. من صافي طاقة الاشعة الشمسية التي يستقبلها العالم . ونظرا لقصر الوقت الذي تبقى فيه الجسيمات الدقيقة عالقة في التروبو سفير فان خطورتها تبدو قليلة لان الغلاف الغازي يمكن ان يستعيد نظافته خلال بضعة اسابيع .

واذا كانت متوسطات درجة حرارة العالم تمثل احد المعطيات التي ترتبط ببعضها البعض ديناميكيا والتي تؤخذ في جملتها لوصف المناخ ، فان المعطيات الاخرى تتمثل في الخصائص الاحصائية للحرارة ودرجة التغييم والتساقط والرياح . ومن الامور الواردة ان اي تغير ولو محدود في اي من هذه المعطيات يمكن ان يؤدي الى تحول رئيسي في مناخ العالم . وتشير السجلات التاريخية والدلائل غير المباشرة للمناخات في الماضي الى حدوث انتقالات وتغيرات واضحة في درجات الحرارة والتساقط وكمية الثلوج. فمن المعروف ان الزمن الميزوزوي الدافيء انتهى منذ حوالي ٦٠ مليون سنة وبدات من بعده عملية تبريد تدريجية مؤدية الى العصر الجليدي الحالي وقد تميزت فترة المليوني سنة الاخيرة بتعاقب العصور الجليدية التي

كان يتخللها عصور دفيئة وقد انتهى احدث العصور الجليدية منذ حوالي ١٠٫٠٠٠ سنة والذي كانت فيه متوسطات درجة الحرارة في العروض الوسطى اقل بنحو ٥° ـ ١٠° م عن درجة الحرارة التي تتسم بها هذه العروض في الوقت الحاضر .

ومما يجدر ذكره ان مقدار فهمنا لبعض العمليات الاساسية التي تحكم التغير المناخي لازال محدودا . ومن هنا لا زلنا نجهل عما اذا كانت التغيرات المناخية تحدث على مراحل انتقالية من حالة متوازنة مستقرة الى حالة اخرى تختلف عنها بصورة فجائية او تحدث بصورة انتقالية تدريجية من خلال استمرارية الظروف المناخية . وعلى اية حال فان حدوث كلا نوعي التغير امر ممكن من خلال التغيرات في المؤثرات الخارجية مثل كمية الاشعاع الشمسي او بواسطة اعادة التوزيع الداخلي الذاتي للطاقة داخل المكونات الطبيعية للنظام المناخي . وفي كلا الحالتين تعمق زيادة نسبة ثاني اكسيد الكربون من هذه التغيرات المناخية . فاذا كانت التغيرات المناخية مرحلية، فان حدوث اضطراب في المناخ نتيجة للزيادة الكبيرة في ثاني اكسيد الكربون يصبح امرا مزعجا بصفة خاصة وذلك لان هذا التغير وان كان بطيئا فانه يكون نذيرا بتحول مفاجىء نسبيا الى انظمة مناخية جديدة . واذا ما كانت التغيرات المناخية تدريجية ، فان الاثار الناجمة عن زيادة ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي ستنمو بشكل مطرد ليحدث انتقال عالمي تدريجي بصورة اكبر في المناخ . وفي كلا الحالتين سيحدث انتقال للنطاقات الزراعية نتيجة للتغيرات الفصلية لدرجات الحرارة وانماط التساقط . ويمكن ان يكون تأثير مثل هذه التغيرات على انتاج الغذاء قاسيا وخاصة بالنسبة للدول التي تمارس نوعا من الزراعة الهامشية .

ولهذا السبب وغيره من الاسباب فان توقع حدوث تعديلات في مناخ العالم من جانب الانسان امر يجب ان يؤخذ بجدية بالغة .

واذا كان التغير المناخي المتوقع سيصبح امرا ملموسا ، فانه يصبح من الضروري في هذه الحالة ان نغير اتجاهنا بالنسبة لاستخدام الوقود الحفري . واذا ما كانت الوسائل العملية الخاصة بضبط نفايات ثاني اكسيد الكربون غير متاحة في الوقت الحاضر ، فانه لا مفر من ممارسة اي ضبط

يؤدي الى تقليل اطلاق ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي . ومما يدعو للجدل في مواجهة التغير المناخي غير المؤكد ان الموقف العاقل يتمثل في حرية العمل . ولكن لسوء الحظ ان التخلص الطبيعي من اثار استهلاك وقود حفري لمدة قرن من الزمان قد يستغرق حوالي مليون سنة او ما يقرب من هذا . ولهذا السبب لو تأجل اتخاذ مثل هذا القرار حتى نستشعر تأثير التغيرات التي يصنعها الانسان ، فان الموت سيخيم على العالم كله لا محالة .

خطورة المشكلة

على الرغم من انه لم يتضح حتى الان اية اثار مناخية ملموسة على نطاق العالم رغم مضاعفة استخدام الطاقة من جانب الانسان عدة مرات منذ الانقلاب الصناعي ، الا انه يجب ان ينظر الى مستقبل هذه العلاقة بأهمية بالغة . ومن ثم تصبح تقديرات مستقبل اعداد سكان العالم ، ومستقبل مصادر الطاقة واستخداماتها اساسية لتقدير مثل هذه الاثار المناخية المتوقعة مستقبلا . وقد اخذ كل من هاري بيري وهانز هـ. لاندزبيرج على عاتقيهما العمل على تحقيق مثل هذه التقديرات (١) والتي تعتبر نقطة انطلاق معقولة ليس للتنبؤ ولكن للتحليل والمناقشة وبغض النظر فان النموذج الذي قدماه يبين بوضوح العلاقة الضمنية بين كل من نمو السكان من ناحية ، واستمرار الحاجة لمزيد من الطاقة بصورة اكثر واكثر من ناحية ثانية .

ويتصور كل من « بيري ولاندزبيرج » ان عدد السكان سيبلغ مع اقتراب نهاية القرن القادم نحو عشرة الاف مليون نسمة وسيبلغ مجموع استهلاك الطاقة اكثر من خمسة امثال الحجم الاستهلاكي الحالي ومما يدعو للدهشة ان مصادر الوقود الحفرية وبصفة خاصة الفحم هي التي ستتحمل عبء تزويدنا بمعظم هذه الطاقة . وسيصبح الانتاج السنوي للحرارة وثاني اكسيد الكربون على هذا الاساس اكثر من خمسة امثال المستويات الحالية، بينما تبلغ كمية الانتاج السنوي للدقائق (بسبب الحاجة لاستخدام مصادر وقود حفرية اكثر تلوثاً) اكثر من ٢٠ مرة بالنسبة للقيم الحالية ولهذا سيساهم الانسان في اطلاق كمية ضخمة جدا من الحرارة، ومع هذا ستظل هذه الكمية كسرا ضئيلا بالقياس الى طوفان الطاقة الطبيعية سواء على المستوى العالمي او الاقليمي ، وان كان تركيز مثل هذه الحرارة يمكن ان يكون كبيرا على المستوى المحلي . واذ كان انتاج الدقائق ربما يكون كبيرا جدا ، فليس هناك سببا يدعونا ان نتوقع بأن اطلاق الدقائق في

البيئة سيكون كبيرا بنفس الدرجة . بل على العكس فان هناك اكثر من سبب يدعونا الى ان نفترض ان الوسائل الحالية لضبط الدقائق ستتطور بدرجة عالية . اذ ان تزايد اطلاق الدقائق بمعدل يبلغ ٢٠ ضعفا بالقياس للمستوى الحالي ، سيكون بالتأكيد امرا غير محتمل بسبب خطورته على صحة الانسان .

وقد استطاع كل من « بيري ولاندزبيرج » ان يحسب كمية الطاقة المستخدمة عام ١٩٧٣ والتي بلغت ما يعادل ٦ر٧ الف مليون طن متري من الفحم او٨ر٥ × ١٦ سعر الفي (٢).وتعادل هذه الكمية حوالي ٠١ر٠٪ من كمية الاشعاع الشمسي الذي تستقبله الارض . وتشير الارقام التي قدراها لسنة ٢٠٧٥ الى ان مجموع الطاقة المستخدمة بواسطة الانسان ستبلغ حوالي١ر٠٪ من الطاقة الشمسية الداخلة . واذا كان التأثر المناخي بالحرارة المضافة سيكون صفيرا على المستوى العالمي ، فان هذا التأثر ربما يكون كبيرا على المستوى المحلي . ففي اليابان على سبيل المثال تقدر الحرارة التي تنبعث من استخدامات الانسان للطاقة بحوالي ٦ر٢٪ من كمية الاشعاع الشمسى التي يتم امتصاصها عند سطح الارض ، وتبلغ هذه النسبة في غرب اوربا حوالي ٦ر٠٪ . وحتى مع زيادة السكان الى حوالي ٢٠ الف مليون نسمة وارتفاع معدل استخدام الفرد للطاقة بما يعادل ١٠ امثال المتوسط العالمي الحالي (ضعف المتوسط في الولايات المتحدة ١٩٧٥) . فان مجموع الطاقة المستخدمة ستبلغ ما يعادل ٤٠٠ جيجاتون فحم (٣) ، او ٣ر٠٪ فقط من مجموع الاشعة الشمسية الممتصة من قبل الارض . وتشير نماذج الدورة المناخية العامة الحالية انه اذا ما توزعت الحرارة المنطلقة توزيعا عادلا على سطح الارض فان الزيادة المتوقعة في متوسط حرارة الطبقات السطحية من الغلاف الجوي على العالم ستبلغ ٦ر٠°م ولكنها ربما تتراوح بين ٢° ـ ٣° م فيما وراء خطي عرض ٥٠° في اتجاه القطبين .

دورة ثاني اكسيد الكربون

لقد زادت كمية ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي (مقدر بوزن الكربون) خلال ١١٠ سنة الماضية من ٧٢ الى ٨٣ جيجاتون ، او ٥ر١١٪ الى ٥ر١٣٪ . وتحول في نفس الفترة حوالي ١٢٧ جيجاتون من الكربون الكامن في الوقود الحفري والحجر الجيري الى ثاني اكسيد الكربون والذي انطلق نحو الغلاف الجوي (اسهمت صناعة الاسمنت بحوالي ٢٪ من هذه الكمية وجاءت النسبة الباقية ٩٨٪ من احتراق الوقود الحفري) . هذا واضافت البراكين حوالي ٤ جيجاتون وهي كمية اقل من ٣٪ من كمية الكربون الذي يصنعه الانسان . ولكن من المحتمل ان تسهم عملية تجوية الصخور في استبعاد كمية من ثاني اكسيد الكربون مساوية لما تطلقه البراكين . وقد اسهمت عملية ازالة الغابات والاحراج والسفانا والحشائش من اجل التوسع الزراعي بالاضافة الى التعديلات الاخرى التي احدثها الانسان في الغطاء النباتي والتربة في اطلاق حوالي ٧٠ جيجاتون صافي من الكربون ، ممثلا في ثاني اكسيد الكربون الى الغلاف الجوي .

وليس ثمة شك ان كمية ثاني اكسيد الكربون التي تنطلق نحو الغلاف الجوي ، يبقى بعضها عالقا في الجو والباقي تستوعبه الطبقات تحت السطحية من مياه البحار والمحيطات وكذلك نطاق المواد العضوية الارضية (يتكون ٧٠٪ من كمية المواد العضوية في هذا النطاق ، والتي تقدر بحوالي ٢٨٠٠ جيجاتون ، من المواد العضوية الميتة ـ ومعظمها يمثله دبال التربة ـ وحوالي ٣٠٪ تتمثل في جذوع وسيقان وجذور وفروع واوراق النباتات الخضراء ، بالاضافة الى الاوراق التي تنفضها الاشجار على سطح الارض) . وتشير حساباتنا ان ٤٠٪ من كمية ثاني اكسيد الكربون التي تنطلق الى الهواء يستوعبها نطاق المواد العضوية الارضية ، ٢٠٪ تستوعبها مياه البحار والمحيطات، ٤٠٪ تبقى عالقة في الهواء . وتتضمن اعمال كل من « ولسون وماتثيوز » (١٩٧٠) و « ماتثيوز » (١٩٧١) ، و « ودول وبيكان » (١٩٧٣) ، « دريس وجاجنر » (١٩٧٢) :

و « بايس » (١٩٧٦) ، والتقرير الاولي لمجموعة دراسة الطاقة (١٩٧٨) واعمال الحلقة الدراسية في داهلم واعمال الحلقة الدراسية سكوب Scope (تحت الطبع) ، مناقشة عامة وعرض لكل هذه الاستفسارات .

وتشير تقديراتنا انه اذا ما استمر الوقود الحفري يمثل المصدر الرئيسي للطاقة في العالم طوال المائة سنة القادمة ، فان حوالي ٢٤٠٠ جيجاتون من الكربون ممثلة في ثاني اكسد الكربون ستنطلق الى الهواء حتى عام ٢٠٩٠. وتقدر هذه الكمية بحوالي ٢٠ مثلا للكمية المنتجة من الوقود الحفري حتى يومنا هذا وبحوالي اربعة امثال ما كان قائما في الغلاف الجوي قبل الانقلاب الصناعي . ومن المحتمل ان اكثر من نصف هذه الكمية سيبقى عالقا في الهواء . ويبدو هذا الاحتمال متناقضا لاول وهلة على اساس ان المحيطات تحوي كربونا يقدر بحوالي ٦٠ مثلا لما هو موجود في الهواء والنطاق العضوي الارضي يحوي تقريبا اربعة امثاله على الاكثر . هذا على فرض ان تقسيم كمية ثاني اكسيد الكربون المضافة بين الغلاف الجوي والمحيطات ونطاق المواد العضوية الارضية يتم بنفس الكميات الموجودة في الوقت الحاضر . ولكن مما يجدر ذكره ان كمية ثاني اكسيد الكربون التي يمكن ان تستوعبها المحيطات ستصبح محدودة بالقياس لما هو مفروض نتيجة لقلة كميات ايونات الكربون في مياه المحيطات . وبالتالي ضعف قدرة ثاني اكسيد الكربون على الذوبان في الماء ويشبه الغلاف الحيوي بدوره المحيطات في قدرته المحدودة على استيعاب الكربون نتيجة للتوازن بين عملية التمثيل الضوئي وتأكسد المواد العضوية .

وبسبب الطبيعة الطباقية الجيدة للمحيطات ، فان الحركة التبادلية الراسية بين المياه السطحية والمياه العميقة تصبح بطيئة جدا . ولهذا على الرغم من ان نسبة اضافة ثاني اكسيد الكربون من الوقود الحفري ستستمر في الزيادة بمعدلات كبيرة ، الا ان كسرا محدودا من جملة حجم المحيطات يمكن ان يمارس دورة كمنطقة مستوعبة لنسبة كبيرة من ثاني اكسيد الكربون المضاف . وقد حسب كل من « كلينج » و « باكاستو » (لجنة دراسة فيزياء الارض ١٩٧٧) ان بطء الحركة التبادلية الراسية لمياه المحيطات بالاضافة الى القلة النسبية لتركز ايونات الكربون في المياه

السطحية – وهي كلها عوامل تقلل من فرص ذوبان الكربون في الماء – يمكن ان يؤدي الى ابقاء حوالي ٨٠٪ من كمية ثاني اكسيد الكربون المضاف خلال القرن القادم عالقا في الهواء . ولو حدث هذا فان درجة تركز ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي ربما تصبح في القرن ٢٢ في حدود سبعة امثال قيمته قبل الانقلاب الصناعي .

ومن هذا المنطلق فمن المعقول ان قمة تركز ثاني اكسد الكربون في الغلاف الجوي والتي ستحدث في الفترة من ٢١٥٠ الى ٢٢٠٠ ربما تكون في حدود ٤ الى٨ امثال المستوى الذي كان قائما قبل الانقلاب الصناعي .

وزيادة على ذلك فان هذا التركز والذي سيكون اكثر مما هو قائم اليوم ربما يستمر لعدة قرون عديدة بعد ذلك .

وقد نجح كل من « ماناب » و « وذرالد » (١٩٧٥) في عمل نموذج مناخي ثلاثي الابعاد للدورة العامة للغلاف الجوي ، يكشف لنا عن الاثار التي تنجم عن تضاعف ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي . وعلى الرغم من التسليم بأن هذا النموذج غير دقيق في عدد من الجوانب الهامة الا انه يعتبر من اكثر الطرق المبتكرة اكتمالا في هذا المجال حتى الان . ويتنبأ هذا النموذج في حالة تضاعف كمية ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي بارتفاع في متوسط درجة الحرارة في الطبقات الدنيا من الغلاف الجوي في العروض الوسطى ما بين ٢° – ٣° م ، وزيادة في كمية التساقط في حدود ٧٪ . هذا وترتفع درجة الحرارة في المناطق القطبية بنحو ٣ – ٤ مرات . ويتوقع ضمنا زيادة درجة حرارة الجو في حدود ٢ – ٣° م مع كل تضاعف في كمية ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي .

وربما يؤدي معدل الزيادة المتوقعة في ثاني اكسيد الكربون في الفترة من ٢١٥٠ – ٢٢٠٠ الى زيادة في متوسط درجة حرارة العالم باكثر من ٦° م ، وهي حالة تشبه الاختلاف في درجة الحرارة بين الوقت الحاضر ومناخ الزمن الميزوزوي الدافىء الذي يرجع الى حوالي ما بين ٧٠ – ١٠٠ مليون سنة مضت .

بعض الاستنتاجات

على الرغم من انه لم يظهر حتى الان من الدلائل ما يشير الى ان التوليد المباشر للحرارة عن طريق انتاج واستهلاك الطاقة في القرون القليلة القادمة يتسبب في ارتفاع متوسط درجة حرارة الكرة الارضية بأكثر من ٥ر٠° م ، الا ان هناك احتمالا لوجود اثار هامة على مستوى المناخات المحلية . واذا امكن ضبط الزيادة المناظرة في حجم الدقائق بصفة خاصة فان اي زيادة منها في حمولة الغلاف الجوي سوف لا يترتب عليها الا تأثير طفيف في المناخ على مستوى العالم .

وعليه تصبح الاثار المناخية الناجمة عن اطلاق غاز ثاني اكسيد الكربون في الهواء السبب الرئيسي في الدعوة لضرورة الحد من انتاج الطاقة من الوقود الحفري على مدى القرون القليلة القادمة . وتصبح الرغبة للقضاء على التغيرات المناخية الحافز لجهود اكبر في مجال الصيانة والتحول السريع بصورة اكبر نحو مصادر طاقة بديلة بغض النظر عن المبررات الاقتصادية وحدها . اذ يمكن ان تتفاقم قدرة تأثير ثاني اكسيد الكربون على المناخ في ظل تواجد كل من غاز الفلورين الكربوني واكسيد النتري والغازات الصناعية الاخرى . ومن ناحية اخرى يمكن للتذبذب الطبيعي للمناخ من ان يزيد او يقلل تأثير مثل هذه المؤثرات التي يصنعها الانسان .

واذا كانت العلاقات المتداخلة بين دورة الكربون والمناخ تكتنفها شكوك كبيرة **فاننا يمكن ان نبدد مثل هذه الشكوك من خلال بذل جهد منسق وبترتيبات خاصة .**

وهنا يجب ان يعطي لاحتمال تغير المناخ نتيجة لاطلاق ناني اكسيد الكربونعن طريق انتاج الطاقة من الوقود الحفرياهتمامات كبيرة وعاجلة من جانب المنظمات والوكالات القومية والعالمية المعنية . ويصبح الامر في حاجة الى نوعين من العمل : تنظيم برنامج ابحاث شاملة على مستوى العالم من ناحية وخلق مؤسسات جديدة من ناحية اخرى .

ويتضمن برنامج الابحاث الشاملة المقترح على مستوى العالم دراسات عن دورة الكربون والمناخ والتغيرات السكانية المستقبلية واحتياجات العالم من الطاقة والوسائل الكفيلة بتخفيض اثر التحول المناخي على انتاج الغذاء العالمي .

١ ـ ثاني اكسيد الكربون والنظام الجوي ـ المحيطي ـ الحيوي :

يعتبر الفهم الجيد لكيفية تقسيم كمية الكربون بين الغلاف الحيوي الارضي والمحيطات والغلاف الجوي امرا اساسيا ، ويمكن ان نحصل عليه بالوسائل التالية :

أ ـ نحن في حاجة من وقت لاخر الى اجراء قياسات عن نسبة التغيرات في كلا تظيري الكربون الدائمين (ك١٣ ، ك١٢) في الغلاف الجوي لتحديد الحركة الصافية للكربون بين الغلاف الجوي والغلاف الحيوي . ويمكن ان نحصل على نسبة هذه التغيرات في الماضي من خلال دراسة تتابع الحلقات في جذوع الاشجار التي تقع في مناطق منعزلة وبعيدة بقدر الامكان عن المصادر البيولوجية او الصناعية المولدة لثاني اكسيد الكربون .

ولما كانت التغيرات في نسبة ك١٣ ، ك١٢ على ضوء قياس معامل الخطأ بطريقة عشوائية تغيرات صغيرة فان الامر يحتاج بالتالي الى قياسات كثيرة في المواقع الجغرافية على نطاق واسع .

ب ـ يجب ان تتم تقديرات افضل عن الاراضي التي يتم تطهيرها سنويا من غطائها النباتي من اجل الزراعة والاغراض الاخرى . ويمكن الحصول على هذه التقديرات ابتداء من عام ١٩٧٢ وما بعده عن طريق احصاءات الموارد الارضية التي تسجلها الاقمار الصناعية . اما التقديرات عن الفترة السابقة لعام ١٩٧٢ فيمكن الحصول عليها من خلال القيام بعمل دراسة تاريخية احصائية عن تطور نمو المساحات المزروعة في كل القارات منذ بداية القرن ١٩ .

ج ـ كما يجب ان تتم محاولات لتقدير حجم التغيرات في حجم كتل الغابات في انحاء العالم وبصفة خاصة في المناطق المدارية وشبه المدارية

وتمثل الاخشاب ممثلة في الاشجار الحية العنصر الرئيسي لهذه الكتلة النباتية ونستطيع من خلال قياس تباين كثافة الحلقات المتتابعة للشجرة أن نتعرف على التغيرات في معدل صافي الانتاج الاولي للاشجار ، علـى الاقل بالنسبة للعروض المعتدلة . وتصبح دراسة تتابع الحلقات للكثير من الاشجار (لعدة الآف) امرا ضروريا كعينة مناسبة . كما يجب ان تبـذل الجهـود ايضا في اوقات مختلفـة لتقديـر كميـة الاوراق والاعضاء الاخرى للاشجار تلك التي تشارك في عملية التمثيل الضوئي ، كذلك معدل سقوط الفناء (الاوراق والاغصان الميتة) من الاشجار .

د ـ ينبغي عمل تقديرات متطورة عن نسبة دبال التربة والذي ينطلق منه بدورة ثاني اكسيد الكربون الى الغلاف الجوي . ولهذا يجب ان تحدد التغيرات في كمية الدبال في الاراضي الزراعية والمساحات الاخرى التـي تم تطهيرها . كما اننا نحتاج الى التعرف على التوزيع الحالي لدبال التربة على مستوى العالم ليستخدم كأساس للمقارنة مع القياسات المستقبلية .

هـ ـ ينبغي ان نحصل على متوسطات القيم الشهرية المقارنة للضغـط الجزئي لثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي من خلال القياسات المستمرة في عدد من المحطات التي يتم اختيار مواقعها بعناية على مدى خطوط العرض المختلفة في كلا نصفي الكرة الارضية . ولعل من احد الاهداف الرئيسية لمثل هذه القياسات في شبكة المحطات المذكورة ، هو دراسة التغـيرات التي تحدث في كمية ما يحمله الهواء من غاز ثاني اكسيد الكربون من سنة لاخرى نتيجة لاحتراق الوقود الحفري وتطهر الارض من غطائها النباتي .

وقد تبين ان هذه التغيرات ترجع الى تذبذب انطلاق ثاني اكسيد الكربون من طبقة المياه السطحية من المحيطات ، وسوف تعطينا مثل هذه التغـيرات رؤية اوضح عن ذي قبل عن دور العمليات المحيطية في تقسيم ثاني اكسيد الكربون بين المحيطات والغلاف الجوي .

و ـ ويمكن ان نحصل على رؤية اكثر بعدا عن دور هذه العمليـات بقياسات متتالية في اوقات معينة لكمية ثاني اكسيد الكربون والضغـط الجزئي لثاني اكسيد الكربون للمياه السطحية وتحت السطحية في شبكة محطات المراقبة على مستوى العالم . وبطبيعة الحال تختلـف هذه

القياسات اختلافا كبيرا نتيجة لاختلاف العمليات البيولوجية المحلية والعمليات المحيطية الاخرى .

ومن ثم يصبح من المتعذر الاستفادة من هذه القياسات في تفهم مشكلة ثاني اكسيد الكربون العالمية . ويصبح من المرغوب فيه القيام بمزيد من التحليل لهذا النمط من القياسات .

ز ــ كما نحتاج الى تقديرات متطورة عن كمية ثاني اكسيد الكربون المنطلقة نتيجة لاحتراق الوقود الحفري . ولهذا يجب ان تستكمل الاحصاءات العالمية الخاصة بكمية استهلاك الوقود الحفري بتقدير كمية الكربون في الوقود المستهلك كل سنة . ولما كانت تقديرات استهلاك الوقود يعبر عنه بكمية الطاقة وليس بكمية الكربون فيه ، فان كمية ثاني اكسيد الكربون المنطلقة وغير المؤكدة في الوقت الحاضر تتراوح بين ١٠٪ الى ١٥٪ من كمية الطاقة المستخدمة .

ح ــ هذا ويجب ان تتم سلسلة القياسات عن انتشار غاز التريتيوم الناجم عن تجارب الاسلحة النووية التي تتم على فترات في المياه التحت سطحية للمحيطات مرة كل خمس سنوات على ضوء بعثات الجيوسيز Geosecs في اوائل السبعينات .

ويبدو ان مثل هذه القياسات لتوزيع غاز التريتوم في المحيطات والتي تتم في اوقات متباينة ، تعتبر من اكثر الوسائل التجريبية كفاءة لدراسة عمليات المزج (الخلط الافقي والراسي والدوامي) في الالف متر العلوية او ما يقرب من هذا من مياه البحر . وتعتبر مثل هذه العمليات على درجة كبيرة من الاهمية في تقدير تقسيم كمية ثاني الكسيد الكربون المنبعث من الوقود الحفري بين المحيطات والغلاف الجوي .

ط ــ ومن حيث المبدأ يمكن ان نحصل بصفة اساسية على فحص مستقل عن عمليات تقليب مياه المحيطات لو ان اثر سويس Suess (التناقص في محتويات الكربون الاشعاعي من الغلاف الجوي من بداية القرن التاسع عشر حتى عام ١٩٥٠ نتيجة حقن الغلاف الجوي بالكربون ١٤ من ثاني اكسيد الكربون المنطلق من الوقود الحفري الى الغلاف الجوي)

كان معروفا بدقة اكثر . اذ تبلغ درجة الشك في اثر سويس Suess في حدود ± ٢٥٪ . ولهذا فنحن في حاجة الى قياسات اكثر واكثر للكربون١٤ في حلقات مجموعة من الاشجار تختار مواقعها بعناية لتغطي الفترة من ١٨٠٠ – ١٩٥٠ .

ى – كما يجب ان تعطي للملاحظات التالية مزيدا من الاهتمام في الدراسات المستقبلية ولكن بدرجة اقل من التوصيات السابقة الخاصة بثاني اكسيد الكربون .

أ – الاهتمام بجمع العلاقات الخاصة بمعدلات التبادل بين المياه المتغلغلة داخل الصخور الجيرية ومياه الاعماق التي ترتكز فوق هذه الصخور لانها ستمدنا بتقديرات افضل عن المعدلات المحتملة لذوبان كربونات الكالسيوم وما يصاحبه من زيادة مماثلة في قدرة المحيطات على استيعاب ثاني اكسيد الكربون .

ب – كما اننا في حاجة الى بيانات اكثر عن توزيع الارجوانيت (اكثر نوعي كربونات الكالسيوم البلورية ذوبانا) في الصخور الرسوبية الجيرية الضحلة والعميقة للوصول الى تقديرات افضل عن امكانية ذوبان كربونات الكالسيوم .

ج – ويمكن ان نقرر بصورة مباشرة عن طريق قياس التغيرات في قلوية مياه البحر ما اذا كان ذوبان كربونات الكالسيوم قد حدث فعلا ، واذا حدث فعلا فالى اي حد . ومما يجدر ذكره ان هناك طرقا جديدة بالغة الدقة لقياس القلوية في حدود جزء واحد في العشرة الاف ، وهي مماثلة لنسبة تغير ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي في حدود او ٠٪

د – كما يمكن ان نقلل من كمية ثاني اكسيد الكربون داخل نظام الغلاف الجوي والمياه المحيطية لو تزايدت سرعة معدل تساقط المواد العضوية الدقيقة من الطبقة تحت السطحية الى مياه المحيط العميقة . وهذا امر يمكن لو زاد انتاج التمثيل الضوئي للمواد العضوية في مياه المحيط القريبة من السطح . ولما كانت درجة التمثيل الضوئي في هذه المياه تتحكم فيها كميات مركبات الفسفور والنيتروجين المذابة ، فانه ربما يصبح في الامكان

مستقبلا ان نقوم بنشر كمية كبيرة من مركبات الفسفور والنيتروجين الصناعية فوق مساحات واسعة من المحيطات بتكلفة اقل نسبيا اذاما قورنت بالتكلفة الكلية لثاني اكسيد الكربون الناتج من مصادر الوقود الحفري . ويمكن ان نتعرف على تأثير هذه الطريقة بالقياسات المقارنة لمعدل سقوط المواد العضوية في كلا المناطق المحيطية ذات القدرة الانتاجية العالية وغير المنتجة وبصفة اساسية سيؤدي تسميد مياه المحيطات بعشرة ملايين طن من الفسفور الى انتاج كمية من مركبات الكربون العضوي التي تهوى نحو الاعماق في حدود ٣٠٠ مليون طن .

٢ ـ ابحاث مناخية :

ينبغي ان تستمر الجهود الخاصة بتطوير وتحقيق النماذج المناخية وفي هذا المجال يجب ان نوفر الوسائل الملائمة لمراقبة احوال المناخ لتحقيق النماذج المناخية المطلوبة من ناحية ، واعطاء تحذير مبكر لقياس درجة حساسية المناخ للخلل الذي يحدث للتوازن الاشعاعي مستخدمين في ذلك نماذج مناخية متقدمة . كما يجب ان ندرس مناخ العصور القديمة لنعمق فهمنا للتغيرات المناخية في الماضي بالاضافة الى تزويدنا بالبيانات لتأكيد النماذج لكل من الدورات المناخية والبيوجيوكيميائية .

٣ ـ دراسات عن سكان العالم وحاجتنا للطاقة .

ينبغي ان تتضمن هذه الدراسات تقديرات عن احتياجات سكان العالم المتزايدة من الطاقة التي يمكن ان نولدها من المصادر المتجددة . وفي هذا المجال يجب ان نبذل جهودا مكثفة للبحث عن مصادر طاقة بديلة لا تطلق نفايات ممثلة في الغازات والدقائق وتقلل في نفس الوقت من تسخين الغلاف الجوي بما تطلقه من حرارة . وتدعو المشاكل الملحة المرتبطة بمصادر الطاقة وزيادة الطلب عليها الى دراسات اكثر لتحديد اجراءات الصيانة ووسائل تنفيذها الفوري .

٤ ـ الفضاء :

وعلى ضوء الاثر المناخي المتوقع نتيجة لانشطة الانسان ، الى جانب

ما تحدثه الظروف الطبيعية من تذبذب مناخي ، فان اهتماما متزايدا يجب ان يبذل لحل مشكلات الزراعة وموارد المياه من وجهة النظر الخاصة بتقليل اثر التغير المناخي عليها .

ولما كانت كل التوصيات السابقة تدعو لاجراء ابحاث ذات اهتمامات عالمية ، فان تعاون الوكالات الدولية ـ ممثلة في المنظمة الميترولوجية العالمية ، والهيئة الدولية لعلوم المحيطات ، والمجلس الدولي للاتحادات العالمية ـ يجب ان يوضع في الاعتبار عند تنفيذ هذه التوصيات ، خاصة وان الابحاث المطلوبة ستكون باهظة التكاليف نظرا لما تحتاجه من كوادر علمية ذات كفاءة عالية وتسهيلات خاصة بالبحث ، بالاضافة الى انها ستستمر بضع سنوات من العمل المضني . ومن هنا يجب ان تشجع وتدعم مثل هذه الابحاث من قبل الحكومات ، وتصبح الدعوة الى درجة كبيرة من التعاون الحكومي الدولي امرا ضروريا بسبب الحاجة لمجموعة من القياسات وشبكة من محطات المراقبة على مستوى العالم .

ويصبح على الدول المتقدمة ان تضع في الاعتبار ضرورة التنسيق على المستوى القومي بين كل الجهود والامكانيات العلمية لكافة الجماعات العلمية والوكالات الحكومية المختلفة التي تتعامل مع المشاكل المرتبطة بالمناخ . اذ سيحتاج حل مثل هذه المشكلات الى تنسيق الابحاث في كثير من فروع المعرفة العلمية كما سيتطلب ايضا احداث نوع من التوافق في السياسة القومية واصدار تشريعات جديدة .

النتائج المتوقعة للتغيرات المناخية

تدفئة مياه المحيطات :

من المعروف ان دفء الفلاف الجوي لا يدوم الا اذا صحبه دفء مماثل للطبقات العليا من مياه المحيطات . ومن هذه العلاقة سيؤدي ارتفاع درجة حرارة الفلاف الجوي الى العديد من الاثار منها : تقليل كمية الثلوج في البحار والمحيطات ، ارتفاع في منسوب سطح البحر ، انطلاق ثاني اكسيد الكربون من المحيطات نحو الفلاف الجوي ، تقليل الحركة التبادلية الراسية في مياه المحيطات ، واخيرا انتقال النظم البيئية البحرية بما تتضمنه من ثروة سمكية نحو القطب . هذا وسيؤدي تقليل كمية الثلوج في البحار والمحيطات التي تقلل ظاهرة الالبيدو التي تؤدي بدورها الى مزيد من التدفئة وزيادة كم التساقط ، ومن المحتمل نشوء مناطق ثلوج وجليد جديدة في اتجاه القطب .

ويقدر ان الزيادة في متوسط درجة حرارة الالف متر العلوية من مياه البحار والمحيطات في حدود ٥° م ، ستؤدي الى رفع منسوب سطح البحر في حدود متر واحد بسبب تمدد حجم المياه . كما ستؤدي مثل هذه الزيادة في حرارة مياه البحار والمحيطات الى رفع الضغط الجزئي لثاني اكسيد الكربون لهذه المياة بنحو ٣٠٪ وحتى يعود التوازن في الضغط الجزئي لهذا الفاز بين المحيطات والفلاف الجوي ـ والذي من المحتمل ان يستغرق بضع سنوات قليلة ـ فان كمية ثاني اكسيد الكربون في الهواء سترتفع بنسبة ١٧٪ .

كما ان التدفئة المتوقعة للمنطقة القطبية ستؤثر في معدل التهوية للمياه تحت السطحية . اذ ستتكون طبقة رقيقة من المياه الدافئة نسبيا فوق المياه العميقة الابرد ، ومن ثم تزداد الكثافة الطباقية الراسية للمحيطات. وسيؤدي هذا بدوره الى منع المزج الراسي وعمليات تقليب المياه مما يؤدي بالتالي الى تقليل معدل مصادر الفذاء لمياه المحيطات القريبة

من السطح ، ومن ثم تقل انتاجية النباتات البحرية . وستقل تبعا لذلك كمية المواد العضوية الميتة التي تفوص من الطبقات السطحية الى المياه العميقة . وبالتالي سيقل معدل قدرة المياه العميقة على امتصاص ثاني اكسيد الكربون . وطبقا لنماذجنا فان من المسلم به ان حرارة الغلاف الجوي ومياه المحيط القريبة من السطح ستزداد بدرجة اكبر في العروض العليا عنها في العروض الدنيا ، وربما تتغير بشكل واضح دورة المياه العميقة والتغير الراسي بين المياه العميقة والمياه القريبة من السطح نتيجة لتقليل او حتى توقف الانقلاب الراسي الحالي ، وتوقف احلال المياه العميقة في المحيط الاطلنطي الشمالي .

وعلى ضوء الشواهد عن دفء المحيطات في الفترات الماضية ، فان مساحات الجليد في البحار والمحيطات ستقل بصورة جوهرية ، ومن المحتمل ان يكون ذلك بدرجة كبيرة تسمح بفتح كلا من الممرات الشمالية الغربية والشمالية الشرقية للملاحة طوال معظم السنة .

فقد ادى الارتفاع الطفيف في متوسط درجة حرارة الهواء فوق نصف الكرة الشمالي والذي صحبه تدفئة مماثلة لطبقة المياه السطحية للمحيط اثناء العقود الاولى من هذا القرن ، الى انتقال واضح لمواقع بعض مصايد الاسماك التجارية الهامة وبصفة خاصة اسماك البكلاة في المحيط الاطلنطي الشمالي . فقد انتقلت معظم مصايد اسماك البكلاة الى الشمال نحو مياه كل من جزيرتي جرينلند وشمال ايسلند . ومن ثم فان تدفئة كبيرة غير عادية للغلاف الجوي ستؤدي بكل تأكيد الى احداث اثار هامة على مواقع المصايد التجارية الهامة واتساع نطاقها الجغرافي. ونظرا لان الكائنات العضوية البحرية المختلفة تختلف درجة استجابتها للتغيرات الحرارية فمن المتوقع ان تتدهور النظم البيئية البحرية بشكل خطير .

الاثار المتوقعة بالنسبة للقلانس الجليدية القطبية :

في ظل فهمنا المتواضع في الوقت الحاضر فانه من المستحيل ان نتنبأ عما يمكن ان يحدث للقلانس الجليدية في كل من جرينلند وانتاركتيكا

(القارة القطبية الجنوبية) كنتيجة مباشرة لارتفاع بضع درجات معدودات في متوسط درجة حرارة الهواء . ومع هذا فمن المسلم به ان درجة حرارة انتاركتيكا ستبقى دون درجة التجمد ، ولهذا فمن المحتمل الا يحدث انصهار للجليد عند سطحها او بالقرب منها . بل ربما تؤدي مثل هذه التغيرات المناخية الى تزايد كمية تساقط الثلوج السنوية فوق كل من انتاركتيكا وجرينلند مما يؤدي بالتالي الى حدوث زيادة هائلة في سمك الجليد في هذه المناطق . وسيؤدي هذا بدوره الى زيادةالضغوط الافقية على قاعدة القلانس الجليدية مما يؤدي الى انزلاق كتل جليدية في اتجاه البحار . ولو حدثت مثل هذه الانزلاقات بشكل يؤدي الى تدمير القلنسوة الجليدية في غرب انتاركتيكا ، فربما يؤدي هذا الى ارتفاع منسوب سطح البحر على مستوى العالم في حدود ٥ امتار خلال ٣٠٠ سنة (هوغز ٧٤ ، ١٩٧٧) .

الاثار المتوقعة بالنسبة للزراعة في العالم :

كما سنشعر بنتائج اكثر بعدا على الزراعة ـ وهي الحرفة الاساسية للبشرية ـ نتيجة للتزايد الكبير في كمية ثاني اكسيد الكربون في الفلاف الجوي . وعلى ضوء مستوى فهمنا في الوقت الحاضر لا نستطيع ان نحدد نوعية هذه النتائج تماما ولو بصورة غير كمية . ومع هذا يمكن ان نقترح بعض الاثار المتوقعة والتي سيكون القليل منها مفيدا ، بينما غالبيتها ستكون ضارة وذات طابع تدميري . ويجب ان نضع في اعتبارنا خمسة عوامل مؤثرة هي :

١ ـ اثر ارتفاع مستوى ثاني اكسيد الكربون على عملية الايض(٤) عند النبات .

٢ ـ ارتفاع متوسطات درجات الحرارة السنوية .

٣ ـ الانتقال المكاني للاقاليم المناخية ـ الزراعية وخاصة في انماط التساقط في الاقاليم المختلفة .

٤ ـ احتمالات تزايد او تناقص التذبذب المناخي من سنة لاخرى في الاقاليم المختلفة .

٥ ـ اثر زيارة درجة التفييم المتوقعة على نمو المحاصيل .

الاثار المتوقعة بالنسبة لعملية التمثيل الضوئي :

تبين على ضوء كل من النظرية والتجربة الارتباط بين زيادة كمية ثاني اكسيد الكربون في الهواء وزيادة عملية التمثيل الضوئي عند النبات لانتاج المواد العضوية ، مع افتراض توفر المتطلبات الاخرى اللازمة للنمو ممثلة في المواد الغذائية ـ المياه واشعة الشمس ـ بكميات كافية ، وعلى اساس الا يكون النبات واقعا تحت ضغوط او معوقات للنمو مثل الحرارة المنخفضة جدا او المرتفعة جدا او زيادة درجة حموضة التربة او قلويها او نقص كمية الاوكسجين في منطقة الجذور او اية امراض او عوامل اخرى معوقة . ومن خلال التقنية الحديثة للفلاحة ، اصبح من الممكن ان نوفر مصادر كافية من المياه والمواد الغذائية الاساسية والثانوية ، كما اصبح من الممكن ان نتخلص من معظم مسببات المعوقات السابقة . ولهذا يصبح ثاني اكسد الكربون في الغلاف الجوي والاشعاع الشمسي والصفات الوراثية الكامنة لسلالات المحاصيل الزراعية هي العوامل المحددة للانتاج الزراعي .

فقد تبين في ظل ظروف الفلاحة العادية ان صافي انتاج التمثيل الضوئي ممثلا في المواد العضوية التي تبقى بعد ان يكون النبات قد استخدم بعضا من انتاجه في عملية التنفس ، لا يزيد بنفس سرعة تزايد ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي (واجونر ١٩٦٩) . اما بالنسبة للغلاف الحيوي الارضي ككل فقد قدر عامل التناسب بحوالي ٣٠٪ ، ولكنه يمكن ان يكون اكبر من هذا بالنسبة للمحاصيل الزراعية وربما تضع الابحاث الزراعية والوراثية في المستقبل هذا العامل في حدود ١ أي بنسبة ١٠٠٪ (واجونر ١٩٦٩ ، برن ١٩٧١) .

ولكن من ناحية اخرى ربما تعمل بعض التغيرات الاخرى الناجمة عن ارتفاع ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي في الاتجاه المضاد فلو زاد معدل حرارة الهواء بشكل واضح تزداد بالمثل درجة تنفس النبات (واجونر ١٩٦٩ ، بوتكن ١٩٧٣) . ومن هنا ربما يقل صافي انتاج التمثيل الضوئي حتى مع ارتفاع حجم التمثيل الضوئي .

واذا ما ارتفع متوسط التغييم (نسبة مساحة الارض المغطاة بالسحب)

فان كمية الاشعاع الشمسي الداخلة ستقل بطبيعة الحال وبالتالي تتناقض كمية الطاقة المتاحة واللازمة للتمثيل الضوئي عند المحاصيل الزراعية . وقد تبين ان التغييم الشديد اثناء الفصل الموسمي الممطر في الهند وبنجلاديش قد قلل من عائد المحصول بالمقارنة مع العائد الذي امكن الحصول عليه من نفس الحقل في الشهور المشمسة في الفترة من اكتوبر حتى مارس .

انتقال النطاقات المناخية ـ الزراعية في اتجاه القطب :

قد يؤدي ارتفاع متوسط درجة حرارة العالم السنوية ، والذي يزداد اكثر في اتجاه العروض العليا كما يتبين من نموذج ماناب ووزيرالد (١٩٧٥) الى انتقال عام للنطاقات المناخية ـ الزراعية في اتجاه القطب . ففي العروض العليا على سبيل المثال قد يطول فصل النمو الخالي من الصقيع بشكل اكبر مما هو قائم في الوقت الحاضر مما يجعل في الامكان ان تمتد حدود الزراعة بصورة اكثر في اتجاه الشمال في نصف الكرة الشمالي . وفي نفس الوقت ربما تصبح درجة حرارة الصيف في العروض الوسطى مرتفعة لدرجة لا تساعد على تحقيق الانتاجية المثالية للمحاصيل التي تنمو حاليا في هذه العروض ـ مثل الذرة وفول الصويا في كل من ولاية ايوا والينوى وانديانا وميزوري ـ وربما يصبح من الضروري في هذه الحالة ان يتحرك نطاق الذرة في امريكا الشمالية في اتجاه الشمال . ولكن تربة البودزل الحمضية التي تنتشر في مساحات واسعة في العروض العليا والتي تتعرض لعملية تصويل (تصفية) شديدة ، ستحتاج الى وسائل تحسين مكثفة ومكلفة لتقترب انتاجيتها من العائد الذي نحصل عليه الان من التربات الجيدة في نطاق الذرة الحالي .

كما يتنبأ النموذج بزيادة متوسط التساقط العالمي الذي يبدو لاول وهلة انه مفيد للزراعة . ولكن يبدو ان اقتران هذا بارتفاع درجة الحرارة سيزيد من عملية التبخر ـ النتج في الاراضي الزراعية مما يجعل بعض الفائدة لموارد المياه المضافة وربما كلها تفقد قيمتها تحت وطأة ارتفاع درجة الحرارة . هذا وربما يزيد معدل التبخر ـ النتج في بعض الاقاليم عن معدل الزيادة في كمية التساقط ، وهذا يعني بعبارة اخرى ان معدل الزيادة في التساقط لن يكون مفيدا .

ويمكن القول بصفة عامة بأن الاثار الاكثر خطورة على الزراعة ستبرز ليس فقط من خلال التغيرات في متوسطات الظروف المناخية العالمية ولكن من خلال انتقال مواقع الاقاليم المناخية وما يصاحب هذا من تغيرات في طبيعة العلاقة القائمة بين الحرارة ـ التبخر ـ النتح ، وموارد المياه والتغييم ، والتوازن الاشعاعي داخل الاقاليم . ومن المعروف ان انماط الزراعة الحالية وتنوع المحاصيل والتقنية الزراعية في المناطق المناخية المختلفة تعتمد ولا شك على جملة الخبرات المتراكمة على مدى سنوات عديدة من اختيار لسلالات المحاصيل الملائمة والانواع المناخية لكل اقليم ، ودرجة المواءمة بين كل من النبات وبيئته الطبيعية في تناسق مثالي بقدر الامكان . ولقد ظلت هذه المواءمة قائمة بصورة مرضية جدا مع التغيرات المناخية ذات المدى المحدود نسبيا والتي حدثت عبر التاريخ القديم . ولكن مع التغيرات الكبيرة المتوقعة في العلاقات المناخية داخل الاقاليم تلك التي ربما تحدث نتيجة لتزايد كمية ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي في حدود الضعف او ربما اربعة اضعاف ، سيتطلب الامر بالحتم زيادة القدرة التوائمية لسلالات المحاصيل التي تنمو في الوقت الحاضر .

ويمكن من خلال الدراسات المناخية القديمة ان نتصور مدى التغيرات الاقليمية المتوقعة في العلاقات بين الحرارة ـ التساقط التي يمكن ان تحدث ولو بمعدل انحراف بسيط عن متوسط درجة الحرارة العالمية . ففي اثناء ما يسمى بالمناخ المثالي على سبيل المثال ، والذي استمر قرابة عدة الاف من السنين مضت ، وعندما كان متوسط درجة الحرارة العالمية ربما اعلى بمقدار درجة مئوية ونصف عن الوقت الحاضر كان التساقط فوق جنوب اوربا وشمال افريقيا وجنوب الهند وشرق الصين اكثر مما هو قائم في الوقت الحاضر ، بينما كان المناخ اجف نسبيا فوق مساحات كبيرة من الولايات المتحدة وكندا واسكنديناوة . (كيللوج : تحت النشر)

ومع هذا فاننا لا نتوقع بكل بساطة ان تكون التغيرات المناخية الاقليمية نتيجة للزيادة الكبيرة في ثاني اكسيد الكربون ، نسخة طبق الاصل للتغيرات المناخية الماضية ، اذ ستختلف اثار ثاني اكسيد الكربون المضاف على سبيل المثال على المستوى الفصلي وعلى المستوى المكاني بالنسبة لخطوط العرض بعكس الاثار التي تنجم عن التغير العالمي في درجة

الاشعاع الشمسي الداخل .

ولما كان كل من بخار الماء وثاني اكسيد الكربون يمتص الطاقة دون الحمراء ويعيدا اشعاعها مرةثانيةفان تأثيرثاني اكسيدالكربون المضاف سيكون اكثر اهمية نسبيا في المناطق ذات الهواء الجاف في العروض العليا ، وفي طبقة التربوسفير العليا وطبقة الاستراتوسفير العليا عن المناطق ذات الهواء الرطب في المناطق المدارية . وبالمثل نظرا لان الرطوبة النسبية في فصل الشتاء تقل عن فصل الصيف ، فان تأثيرثاني اكسيد الكربون المضاف سيكون اكثر خطورة في شهور الشتاء عنه في شهور الصيف . وقد اخذ نموذج ماناب ووزيرالد (١٩٧٥) في الاعتبار هذه الاختلافات المرتبطة بخطوط العرض والارتفاع في توضيح دور ثاني اكسيد الكربون . ويجب ان لا تهمل هذه الاختلافات مستقبلا في النماذج الديناميكية ذات الابعاد الثلاثة التي تحاول ان تحدد التغيرات المناخية الاقليمية بالنسبة لكل من من الحرارة والتساقط والتبخر ـ النتح والتغييم .

وتقترح الدراسات الخاصة بالاكسجين والنسب المناظرة لثاني اكسيد الكربون في اعماق البحار، ان ارتفاع درجة حرارة المناخ ربما ترجع الى الزيادة المؤقتة في نسبة ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي نتيجة للتغيرات في دورة المحيطات التي تعقب انصهار القلانس الجليدية . ولو امكن اثبات صحة هذه الفرضية فان دراسات عن المناخ في العصور القديمة للكشف عن الاختلافات الفصلية في العلاقة بين الحرارة والتساقط اثناء فترة المناخ المثالية سوف تمدنا برؤية ذات اهمية كبيرة عن الاثار المستقبلية لتزايد كمية ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي . (بيرجر ، جارنر ١٩٧٥ ، بيرجر وكيللنجلي ١٩٧٧) .

اثار خطيرة في الاقاليم الجافة وشبه الجافة :

يمكن ان نلمس الاثار الاكثر خطورة الناجمة عن التغيرات المناخية المستقبلية المتوقعة على طول حدود الاقاليم الجافة وشبه الجافة في كلا نصفي الكرة الشمالي والجنوبي . اذ تمثل مناطق الاستقرار الجوي حيث يندر التساقط ويتذبذب تذبذبا كبيرا . وتتمثل هذه المناطق بصفة

خاصة جنوب غرب الولايات المتحدة الامريكية وشمال المكسيك ونطاق الاراضي الجافة نسبيا التي تمتد من جنوب اوربا وشمال افريقيا (متضمنا الصحراء الافريقية الكبرى) ، ويواصل هذا النطاق امتداده عبرشبه الجزيرة العربية وجنوب اسيا حتى باكستان وشمال غرب الهند ، وشمال شرق البرازيل وشمال شيلي وجنوب بيرو وغرب الارجنتين وجنوب غرب افريقيا ومعظم استراليا . ونحن في حاجة للوسائل التي تمكننا من تقدير ما اذا كانت هذه المناطق من الاراضي الجافة وشبه الجافة ستتحرك في اتجاه القطب او بعيدا عنه ، او ما اذا كانت ستتسع في مساحتها او تنكمش .

ومن اهم ما تتسم به الاقاليم شبه الجافة حدوث فترات قصيرة من التذبذب المناخي بصفة خاصة في الامطار التي غالبا ما يستمر انقطاعها بضع سنوات . وتعتبر المآسي البشرية التي يسببها هذا الانقطاع في هذه المناطق امرا مألوفا ومثيرا ولكن ترتبط هذه التغيرات المناخية كثيرا بالتدمير الذي يصيب الموارد الاساسية من خلال عمليات التصحر ـ متضمنة التعرية الهوائية والمائية والاطماء ـ مما يجعل مساحات كبيرة غير ملائمة للزراعة او الرعي . وهي عادة ما تكون مصاحبة بتدمير او تلف نوعية التربة والمياه الجوفية من خلال التملح وتدمير الغطاء النباتي الطبيعي واحلال نباتات اخرى غير ملائمة للرعي .

ومما يزيد من مأساة اثر فترات التذبذب المناخي القصيرة نسبيا في المناطق شبه الجافة انماط السلوك الذي يمارسه كل من المزارعين والرعاة في هذه المناطق حيث يوسعون من مساحة الاراضي الزراعية ويرعون حيواناتهم في الاراضي الهامشية خارج الاقاليم ذات قدرة التحمل المناسبة وذلك اثناء الفترات الرطبة نسبيا . ولهذا تتعرض هذه الاراضي الهامشية اثناء الفترات الجافة لتدهور واضح وسريع في الغطاء النباتي الطبيعي الحامي من قبل الزراع والرعاة ، ومن ثم تزداد معدلات التعرية بدرجات اكبر مما كان سائدا من قبل .

من هذه المناقشة للنتائج البشرية التي يمكن ان تحدث نتيجة للتغير المناخي بسبب اضافة كمية كبيرة من ثاني اكسيد الكربون الى الغلاف الجوي فاننا يمكن ان نختتم هذه المناقشة بأن المجتمع العالمي يمكن ان يكيف نفسه لو اعطى الوقت الكافي ، ومارس درجة كبيرة من التعاون الدولي ومع هذا ربما تتبدل الاثار خلال اوقات اقصر وتصل الى حد الفاجعة .

الاجراءات المضادة

يمكن ان نتصور نوعين من الاجراءات المضادة لمواجهة النتائج المناخية المتوقعة نتيجة لثاني اكسيد الكربون المضاف هي : اجراءات تختص بالتقليل من التغيرات المناخية المتوقعة نفسها ، واجراءات تختص بتقليل اثارها على حياة الانسان . فيما يختص بالفئة الاولى من الاجراءات فانه من الممكن ان نتصور الوسائل التي يمكن ان تعيد التوازن الاشعاعي الارضي والذي يفقد توازنه نتيجة اضافة المزيد من ثاني اكسيد الكربون ، او وسائل التخلص من ثاني اكسيد الكربون المضاف في الهواء . اما فيما يختص بالفئة الثانية فهي تهتم اساسا بالوسائل الكفيلة بزيادة نشاط ومرونة انماط مصادر الغذاء العالمي . وسوف نبدأ بمناقشة هذه النقطة الاخيرة لانها لا تتضمن مشكلات كثيرة ، وتقع الى حد كبير في حدود امكانيات التكنولوجيا الحالية .

تحسين انماط مصادر الغذاء :

تحدد المناطق الجافة وشبه الجافة من وجهة النظر الزراعية بأنها الاقاليم التي تقل فيها المياه بدرجة لا تسمح بانتاج المحاصيل ويصبح الري الصناعي الوسيلة التقليدية ويظل اكثر الوسائل العلمية علاجا لهذه الظاهرة . وتتم هذه العملية بنقل المياه من الاقاليم الجبلية والتلية او المناطق الرطبة حيث تزيد فيها كمية المياه عن حاجة الزراعة الى المناطق الجافة وشبه الجافة التي تكون في امس الحاجة اليها . ولما كانت موارد المياه غالبا ما تتذبذب على نطاق واسع من فصل الى فصل ومن سنة لاخرى ، فان المياه عادة ما تخزن اثناء الفترات الرطبة في مجموعة من الخزانات السطحية او الخزانات الارضية (تحت السطح) لتستخدم اثناء الفترات الجافة حيث يصبح الري ضرورة حتمية .

ويعتبر ضمان استقرار موارد مياه الري من خلال تخزينها وتوفير الكمية المطلوبة من خلال نقلها من مصادرها بمثابة القواعد الاساسية لزراعة اكثر

تحديثـــا واعـــلى عائدا وبصـــفة خاصة في المنـــاطق شـــبه الجافة في العـــروض شبه المدارية . ولكي تســـتمر الفـــائدة من تـوفـــير ميـــــاه الري ، فان تطـــوير نظـام الري يجـب ان يصـــاحبه تقريبا تطـــور متوازن فيمـــا يختص بالتسهيلات في عملية الصرف وليس ثمة شك ان مثل هذا التطوير الذي يجمع بين كل من وسائل الري والصرف معا يتطلب بالضرورة استثمارات مالية ضخمة في حدود تتراوح بين ٥٠٠ الى ١٠٠٠ دولار لكل هكتار (الهكتار١٠٠٠ر.كم = ٢ر٤٧١ اكر) (٥) ، فاذا اخذنا الهند على سبيل المثال ، فقد قدرت تكاليف التطـوير الكامل لنظام الـري بمـا يخـدم حـوالي ٥٠ مليـون هكتار من الاراضي القابلة للري بنحو ٥٠ الف مليون دولار . ويمكن ان يؤدي هذا التطوير الى زيادة سنوية في انتاج المحاصيل تقدر كمياتها بمئات الملايين من اطنان الحبوب الغذائية وتتراوح قيمتها بين ٢٠ ــ ٤٠ الف مليون دولار .

ومما له اهمية خاصة بالنسبة لهذه المناطق الجافة وشـبه الجافـة هو كيف نقاوم الاثار المصاحبة للزيادة المحتملة في طول فترة التذبـذب المناخي قصيرة المدى ولتحقيق هذا الهدف فنحن في حاجة الى خزانات كبيرة سواء ما كان منها فوق السطح خلف السدود ، او تحت السطح فيمـا يسمى بالخزانات الارضية . وعادة ما يفضل في هذه المناطق التخزين الارضي (التحتي) طالمـا كان هذا ممكنا للاسباب الاتية :

١ ــ يعتبر ارخص تكلفة بالنسبة لكل وحدة حجم من المياه المختزنة .

٢ ــ يكون الفاقد بالتبخر ضئيلا .

٣ ــ قد يكون حجم المياه المختزنة كبيرا بدرجة تكفي لتزويدنا بمورد مائي مستقر لمواجهة استمرار فترة انقطاع الامطار حتى لو استمرت لمدة تصل عقدا من الزمن . ولكن المشكلة انه في بعض المواقع قد لا يتاح مثل هذا التخزين ليمدنا بفترة حماية طويلة في مواجهة التغير المناخي .

كما اننا في حاجة بدرجة متوازنة مع حجم المشكلة الى اجراء بحث دقيق وتخطيط واستثمارات مالية لتطوير وسائل صيانة المياه . وتقدر على ضوء الطرق الحالية المستخدمة في ادارة مياه الحقول في الدول النامية ان حوالي ثلث موارد مياه الري فقط هي التي تستخدم بكفاءة . ولهذا نستطيع ان نحقق من خلال تحسين طرق ادارة المياه وفي معظم الحالات

بادخال طرق ري جديدة وفرا كبيرا في مياه الري . كما يعتبر ادخال محاصيل مقتصدة للمياه اكثر فائدة في معظم هذه المناطق : نذكر من هذه المحاصيل على سبيل المثال تلك التي تنمو اثناء الفصل الذي تقل فيه درجة التبخر ـ النتج الى الحد الادنى ، وكذلك ادخال سلالات المحاصيل التي تنمو في اقصر فصل نمو ممكن ، ومحاصيل الخطوط مثل الفول السوداني والبنجر حيث يقل النتج ـ التبخر لوجود ارض نظيفة عارية بين الخطوط الزراعية وعلى اية حال يكون استخدام سلالات المحاصيل ذات العائد المرتفع احسن وسيلة لتوفير المياه . اذ لا نكاد نحس بحاجة لمزيد من المياه لري سلالات القمح او الذرة التي تعطي عائدا يتراوح بين ٣ ـ ٤ اطنان للاكر بالقياس مع تلك السلالات التي تعطي عائدا اقل من طن واحد .

كما يمكن ان نقلل كثيرا من اخطار التذبذبات المناخية قصيرة المدى على موارد الغذاء على المستوى العالمي والاقليمي بصيانة وتوفير احتياطيات الغذاء (شندر وميزيرو ١٩٧٦) . ويقدر مثل هذا الاحتياطي، على المدى العالمي ، وفي ظل النظام المناخي الحالي ، بنحو ٥٪ من متوسط الانتاج العالمي . وقد بنى هذا التقدير على اساس ان الزيادة او النقص في انتاج الحبوب الغذائية على مدى فترات لسنوات عديدة وعلى ضوء الطلب العالمي قد بلغ حوالي ٥٪ من متوسط المحصول السنوي . يستهدف هذا الاحتياطي الغذائي بهذه الكمية اساسا تثبيت اسعار المواد الغذائية الاساسية لكل من الفلاح والمستهلك .

ولما كان الغذاء من المتطلبات الاساسية للحياة البشرية ، فان الطلب عليه لا يتصف بالمرونة اذا ما ربطناه بالاسعار ، وهذا يعني انه لا يمكن ان نزيد موارد الغذاء بسرعة كاستجابة تلقائية لارتفاع الاسعار. اذ تظهر الخبرة ان اسعار الغذاء ربما ترتفعاو تنخفض بمعدل قد يبلغ عدة مئات في المائة اذا ما تناقص الانتاج او تزايد عن الطلب ولو بنسب قليلة .

وسائل مقاومة التغير في التوازن الاشعاعي :

تعتبر زيادة الالبيدو او درجة الانعكاسية للارض احدى الوسائل

التي يمكن ان نقاوم بها الاثار المناخية الناجمه عن اضافه المزيد من ثاني اكسيد الكربون في الهواء وبالتالي نقلل من كمية الاشعاع الشمسي الداخل . ولكن يبدو انه ليس هناك في الوقت الحاضر وسائل متاحة معقولة وموثوق بها تمكننا من تحقيق مثل هذه الزيادة .

ومن الوسائل الممكنة لزيادة الالبيدو لمواجهة هذه الزيادة المضافة في ثاني اكسيد الكربون ربما يكون بنشر ذرات صغيرة عاكسة فوق مساحات كبيرة من اسطح البحار والمحيطات . وحتى نقلل من التكاليف ونحقق زيادة مفعول مثل هذا الاجراء ، فانه يتطلب ان تكون كثافة هذه الذرات قريبة من كثافة مياه البحر وان تكون لديها القدرة من الناحية الكيميائية على البقاء لفترات تمتد لعدة شهور . ومن المواد التي اقترحت لتحقيق هذا الاجراء صفائح رقيقة جدا من اللدائن . ويقدر انه لو كان سمك هذه الصفائح يبلغ ١٠ر. ملليمتر فان تغطية كل كيلو متر مربع تحتاج الى ١٠ طن او حوالي ٥٠ مليون طن لمساحة تبلغ ٥ مليون كيلو متر مربع ، اي حوالي ١٪ فقط من مجموع مساحة سطح الكرة الارضية . واذا كان انتاج كل طن يتكلف ١٠٠ دولار فان جملة التكلفة لهذه المساحة السابقة ستصل الى حوالي ٥ الاف مليون دولار كل سنة ــ اي حوالي ٢ر٠٪ من جملة الانفاق العالمي الذي سيتم خلال القرن القادم من اجل الحصول على الطاقة من الوقود الحفري . (بساك ١٩٦٥) . ولكن مثل هذا المشروع قد تنجم عنه بعض المساوىء التي ربما لا نستطيع ان نتغلب عليها . اذ قد تتجمع المواد المنثورة في نهاية الامر على طول خطوط السواحل العالمية محدثة نتائج بيئية غير مقبولة ، بل وربما يكون اثرها على مصايد الاسماك مأساويا .

وتتمثل بعض الاجراءات المضادة والتي تختلف تماما عما سبقها في خزن ثاني اكسيد الكربون المضاف في الغلاف الحيوي الارضي . ويقدر حجم الكربون العضوي في الغلاف الحيوي الحالي بأربعة امثال حجمه في الغلاف الجوي . وربما يكون ربع هذا الحجم في جذور وجذوع واغصان واوراق الاشجار الحية ، بينما يتركز الباقي في دبال التربة او فى المواد العضوية الميتة في البحيرات والمستنقعات والاراضي الرطبة .

فالغابات ــ كأحد مخازن ثاني اكسيد الكربون ــ تغطي الان حوالي

٥٠ مليون كيلو متر مربع اي حوالي ثلث مساحة سطح اليابس . ويقدر انــه لو امكن مضـاعفة هذه المســاحة او مضـاعفة كثافة الاشجار الحية في المساحة الحـالية ، فانها تستطيع خزن حـوالي ٧٠٠ جيجاتون من الكربون ـ اي حوالي ١/٧ الكربون الموجود في الوقود الحفري ، ولكنه يتراوح ما بين ـــ/٣ الى ١/٦ الكربون الذي ربما يضاف الى الفلاف الجوي نتيجة لاحتراق الوقود الحفري .

واذا كان لمثل هذه الزيادة في كمية الغابات اثر هام في تعديل المنـاخ الا انه من الصعب جدا انجازها على مدى مئا تالسنين وهو المدى الزمني الذي نضعه في الاعتبار . اذ سيصبح مطلوبا احداث تغيرات اساسـية في طرق استخدام الارض وكذلك في التنظيمات السياسية والاجتماعية في العالم اذ على ضوء استمرار معدلات النمو السكاني الحالية وانتاجيتهم الاقتصادية واستمرار الحاجة لمزيد من الغذاء والوقود والاخشاب ، فان الاتجاهات الحالية في استخدام الارض تسير بالضبط في خط معاكس تماما بما يكثف من حدة المشكلة طالما انالغابات لا تزالتقطع للوقود وصناعة الخشب وتطهر الاراضي من غطائها النباتي من اجل الزراعة (٦) .

واذا كان من الممكن زيادة حجم المواد الحية (الاشجار) في الغابات فانه على ضوء التكنولوجيا المتاحة في الوقت الحاضر ، تصعب زيـادة دبال التربة والمواد العضوية الميتة الاخرى .

ويقترح في هذا المجال لو انه امكن زراعة الاشجار في مزارع واسـعة مستخدمين في ذلك وسائل الري والتسميد واذا امكن صيانتها ضـد التعطن ، فاننا يمكن ان نتخلص من كميات كبيرة من ثاني اكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي تكاد تكون مساوية الى حد ما لكمية ثاني اكسيد الكربون التي تطلق في الغلاف الجوي نتيجة لاحتراق الوقود الحفري .

ولكن يبدو واضحا انه لو تمت زراعة كميات كبيرة من المواد العضويـة وتم جمعها فانها تخلق احساسا كبيرا بضرورة استخدامها كمصدر طاقـة بديل للوقود الحفري . ولو حدث هذا فان دورة ثاني اكسيد الكربـون سيعاد تنظيمها بسهولة بين الغـلاف الجـوي والغـلاف الحيـوي وسـيقل صـافي الاضـافة في ثـاني اكسـد الكربون الى الغلاف

الجـوي نتيجة لاحتراق الوقود الحفـــري على الاقل بمـا يعادل كمية الطاقة النباتية التي حلت محل الفحم والبترول والغاز الطبيعي .

ومن هنا يتبين ان اي محاولة لتقليل اثر اضافة ثاني اكســيد الكربون في الغلاف الجوي على المناخ ستكون صعبة جدا خاصة وأن مثـل هذا الجهد سيتطلب بالضرورة الاستمرار على مدى الالف سنة القادمة وقد لا يكون لمثل هذا الجهد نتائج مقبولة . ومن ناحية اخرى اذا كان تقليل الآثار المناخية على الشئون البشرية امرا ممكنا ومرغوبا فيه من وجهات نظرٍ اخرى غير التغير المناخي فان مثل هذا الامر يحتاج الى جهد كبير من التخليط والبحث والاستثمار على النطاق العالمي وبصورة لـم يسبق لها نظيـــر .

ومن هنــــا تبرز اهمية زيادة الاعتمــــاد على المصـادر المتجددة ، التـــي يصاحبها عادة تقليل حمولة ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي، كبديل اكثر فاعلية ضمن مجموعة الاجراءات المضادة .

ويتنبأ تقرير الاكاديمية القومية للعلوم في الولايات المتحدة الامريكية ومجلس البحث القومي « الطاقة والمناخ » بأنه لو استمر العالم في الاعتماد على الوقود الحفري لسد احتياجاته من الطاقة على مدى القرنين القادمين فان قمة لتركز ثاني اكسيد الكربون بمعدل يتراوح بين ٤ الى ٨ امثال المستوى الذي كان قائما قبل الانقلاب الصناعي سوف تحدث في الفترة ما بين ٢١٥٠ — ٢٢٠٠ م . وتتنبأ النماذج المناخية الخاصة بالدورة العامـــة للغلاف الجوي بأن كل مضاعفة في كمية ثاني اكسيد الكربون ستؤدي الى ارتفاع متوسط درجة حرارة الغلاف الجوي بما يتراوح بين ٢°، ٣°م . ولهذا يتوقع حدوث زيادة في متوسط درجة حرارة الغلاف الجـــوي في حدود ٦°م اذا ما اثبتت النماذج المتاحة دقتها ، واذا ما امكن تحقيق مخطط النمو المستخدم في التقرير .

ان تورط البشرية في رفع درجة الحرارة عند منسوب سطح البحر وفي مصائد الاسماك وفي المناطق الزراعية والمناطق الصحراوية ســوف

تكون ـ في حالة صحة ما سبق ـ من الخطورة بما سيجعل الانسان مضطرا الى نبذ استعمال الوقود الحفري والتوسع في استعمال مصادر وقود اخرى مثل المصادر المتجددة . وتتبلور التوصية الرئيسية للعمل في هذه المرحلة على تنظيم برنامج بحث شامل وعلى نطاق العالم ليسهم في وضع الحلول العملية للمشكلات الصعبة التي لم يتأكد حلها بعد والتي لا تزال تختص بالمناخ ودورة الكربون والتغيرات المستقبلية للسكان وموارد الغذاء العالمية .

الحواشي

١ ــ نوقشت في الفصل الخاص بالعرض والفصل الاول من تقرير الطاقة والمناخ . (لجنة دراسة الجيوفيزياء ١٩٧٧) .

٢ ــ السعر الالفي هو مقدار الحرارة الضرورية لرفع حرارة كيلو جرام من الماء درجة مئوية واحدة (المترجم) .

٣ ــ الجيجاتون = $١٠^{٩}$ طن متري = ١ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ طن متري

٤ ــ عملية الايض « الميتابوليزم » هي مجموعة العمليات ــ وخاصة التغيرات الكيميائية ــ المرتبطة ببناء البرتوبلازما وهي المادة الحية في النبات (المترجم) .

٥ ــ الهكتار = ١٠ دونمات بالقياس المتبع في الكويت والاكر اكثر من الفدان قليلا . (المترجم) .

٦ ــ نضيف الى هذا المزيد من تطهير الارض من اجل الامتداد العمراني وشق الطرق واقامة المصانع (المترجم) .

REFERENCES

BAES, C. F., Jr, GOELLER, H. E., OLSON, J. S. & ROTTY, R. M. (1976). The Global Carbon Dioxide Problem. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee : ORNL-5194, pp.

BERGER, W. H. & GARNER, J. V. (1975). On the determination of Pleistocene temperatures from planktonic Foraminifera. J. Foraminifera Res, 5, pp. 102-13.

BERGER, W. H. & KILLINGLY, J. S. (1977). Glacial-Holocene transition in deep-sea carbonates : selective dissolution and the stable isotope signal. Science, 197, pp. 563-6.

BOTKIN, D. B., JANAK, J. F. & WALLIS, J. R. (1973) Estimating the effects of carbon fertilization on forest composition by ecosystem simulation. pp. 328-44 in WOODWELL & PECAN (V.v.).

DRAFT REPORT OF THE DEPARTMENT OF ENERGY'S STUDY GROUP (1978). Draft Report of the Department of Energy's Study Group on Global Environmental Effects of Carbon Dioxide : 'Workshop on the Global Effects of Carbon Dioxide from Fossil Fuels,' Miami Beach, Florida. 7-11 March 1977. Department of Energy, CONF 770385 : iv + 87 pp.

DRYSSEN, D. & JAGNER, D. (Ed.) (1972). The Changing Chemistry of the Oceans. Proceedings of the 20th Nobel Symposium, Goteborg, Sweden. Wiley, New York, N.Y. : 364 pp, illustr.

GARRELS, R. M., MACKENZIE, F. T. & HUNT, C. (1975). Chemical Cycles and the Global Environment. W. Kauffman, Los Altos, California : viii + 226 pp. illustr.

GEOPHYSICS STUDY COMMITTEE (1977). Energy and Climate. National Academy of Sciences, Washington, D.C. : xiv + 158 pp., illustr.

HARDMAN, L. L. & BRUN, W. A. (1971). Effect of atmospheric carbon dioxide enrichment at different developmental stages on growth and yield components of soybeans. Crop Sci., II, pp. 886-8.

HUGHES. T. J. (1974). Study of Unstable Ross Sea Glacial Episodes. ISCAP Bulletin No. 3, Institute for Quanternary Studies, Orono, Maine : (not available for checking).

HUGHES, T. J. (1977). West Antarctic ice-streams. Rev. Geophys. Space Phys., 15, pp. 1-46.

KELLOGG, W. W. (in press). Global influences of mankind on the climate. In Climate Change (Ed. J. Gribbin). Cambridge University Press, Cambridge, England.

MANABE, S. & WETHERALD, R. (1975). The effects of doubling the CO_2 concentration on the climate of a general circulation model. J. Atmos. Sci., 32, pp. 3-15.

MATTHEWS, W. H., KELLOGG, W. W. & Robinson, G. D. (Ed.) (1971). Inadvertent Climate Modification. Report of the Study of Man's Impact on Climate (SMIC). MIT Press. Cambridge, Massachusetts : xxi + 308 pp., illustr.

PROCEEDINGS OF THE DAHLEM WORKSHOP (in press). Proccedings of the Dahlem Workshop on Global Chemical Cycles and Their Alteration by Man. Berlin 15-19 November 1976 (Ed. Werner Stumm). (To be published by Dahlem Konferenzen.)

PROCEEDINGS OF THE SCOPE WORKSHOP (in press). Proccedings of the CCOPE Workshop in March 1977 on Biogeochemical Cycling of Carbon.

PSAC (1965). P. 127 in U. S. Persident's Science Advisory Committee, Environmental Pollution Panel, Restoring the Quality of our Environment. The White House, Washington, D.C. : xii + 317 pp., illustr., maps.

SCHNEIDER, S. H. & MESIROW, L. H. (1976). The Genesis Strategy. Plenum Press, New York, N.Y. : 419 pp.

SUNDQUIST, E., RICHARDSON, D. K., BROECKER, W. S. & PENG, T. H. (1977). Sediment mixing and carbonate dissolution in the south-east Pacific. Pp. 429-54 in The Fate of Fossil Fuel Co in the Oceam (Ed. N. R. Anderson & A. Malahoff). Plenum Press, New York, N.Y. : xii + 749 pp., illustr.

WAGGONER, P. E. (1969). Environmental manipulation for higher yields. In Physiological Aspects of Crop Yield, Am. Soc. Agron and CSSA, Madison, Wisconsin : (not available for checking)

WILSON, C. L. & MATTHEWS, W. H. (Ed.) (1970). Man's Impact on the Global Environment : Report of the Study of Critical Environmental Problems (SCEP). MIT Press, Cambridge, Massachusetts : xvi + 319 pp., illustr.

WOODWELL, G. M. & PECAN, E. V. (1973). Carbon and the Biosphere. Proceedings of the 24th Brookhaven Symposium in Biology, Oak Ridge, Tennessee, Technical Information Center, CONF-720510, Office of Information Services, USAEC : vii + 392 pp., illustr.

ادارة مطبعة الجامعة

صدر من هذه النشرة

١ ـ زراعة الواحة فى وسط وشرق شبه الجزيرة العربية

ترجمة الدكتور زين الدين عبد المقصود

٢ ـ اسس البحث الجمرفلوجي مع الاهتمام بالوسائل العلمية المناسبة للبيئة العربية

بقلم : الدكتور طه محمد جاد
الدكتور عبد الله الغنيم

٣ ـ توطين البدو في المملكة العربية السعودية (الهجر)

ترجمة : الدكتور عبد الاله ابو عياش

٤ ـ أثر التصحر كما تظهره الخرائط

ترجمة : الدكتور علي علي البنا

٥ ـ سكان ايران ، دراسة فى التغير الديموجرافي

ترجمة : الدكتور محمد عبد الرحمن الشرنوبي

٦ ـ القبائل والسياسة في شرقي شبه الجزيرة العربية

ترجمة : حسين علي اللبودي

٧ ـ سكان دولة الامارات العربية المتحدة

بقلم : الدكتورة امل يوسف العذبي الصباح

٨ ـ السياسات السكانية في افريقية

ترجمة : ا . د . محمد عبد الغني سعودي

٩ ـ اثر التجارة والرحلة في تطور المعرفة الجغرافية عند العرب

ا.د. محمد رشيد الفيل

١٠ ـ نحو تصنيف مورفولجي لمنخفضات الصحراء

بقلم : دكتور صلاح الدين بحيري

١١ ـ مسح المصادر واهميته التطبيقية للتخطيط الاقليمي

بقلم : برونسدن،دور نكامب،جونز

ادارة مطبعة الجامعة